

О. Н. Жорнова, Н. С. Василевский, Л. Г. Гальперин
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
Olgazhornova@mail.ru

РАСЧЕТ СРЕДНЕГО РАЗМЕРА КАПЛИ ВЛАГИ, РАСПЫЛЯЕМОЙ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКОЙ

В данной работе определена величина средних размеров частиц по экспериментально установленным характеристикам полидисперсной смеси капель влаги, распыляемой форсунками различных типов.

Ключевые слова: распределение частиц по размерам; средний размер частиц; полидисперсная система капель; испарение капель жидкости; впрыск воды.

O. N. Zhornova, N. S. Vasilevsky, L. G. Halperin
Ural Federal University, Ekaterinburg

CALCULATING THE AVERAGE DROPLET SIZE OF A SPRAYED CENTRIFUGAL NOZZLE

In this paper, the mean particle size is determined from the experimentally established characteristics of a polydisperse mixture of moisture droplets sprayed with different types of nozzles.

Key words: particle size distribution; average particle size; polydisperse drop system; evaporation of liquid droplets; water injection.

Регулирование параметров пара на тепловых электростанциях осуществляется, в частности, путем впрыска влаги в пар в промежуточных пароохладителях котельных агрегатов и РОУ. Расчет процессов испарения капель производится в предположении квазистационарности полей температур и давлений в окрестности капли. Между тем, «строго говоря, испарение капель не может быть стационарным процессом, так как радиус капель, а, следовательно, и скорость испарения непрерывно уменьшаются» [1].

Обоснование правомерности квазистационарного подхода производится в [1] на основе реализации математических моделей нестационарных процессов испарения и последующих численных оценок скорости испарения капель средних размеров. Недостатком подобных моделей является отсутствие учета полидисперсности системы капель, распыляемых в проточной части различных устройств, а также пренебрежение движением границы капли, учет которого приводит к качественно иным уравнениям динамики капли [2]. Поскольку «оказывается невозможным интерпретировать реальный процесс, происходящий с полидисперсной системой частиц при помощи некоторых зависимостей для моодисперсной системы», [3], в качестве первого этапа в данной работе приводится сопоставление экспериментально установленных в [4–6] характеристик полидисперсной смеси капель влаги, распыляемой форсунками различных типов. В работах [5, 6] представлены графики функций плотности распределений капель влаги по размерам (рис. 1–2).

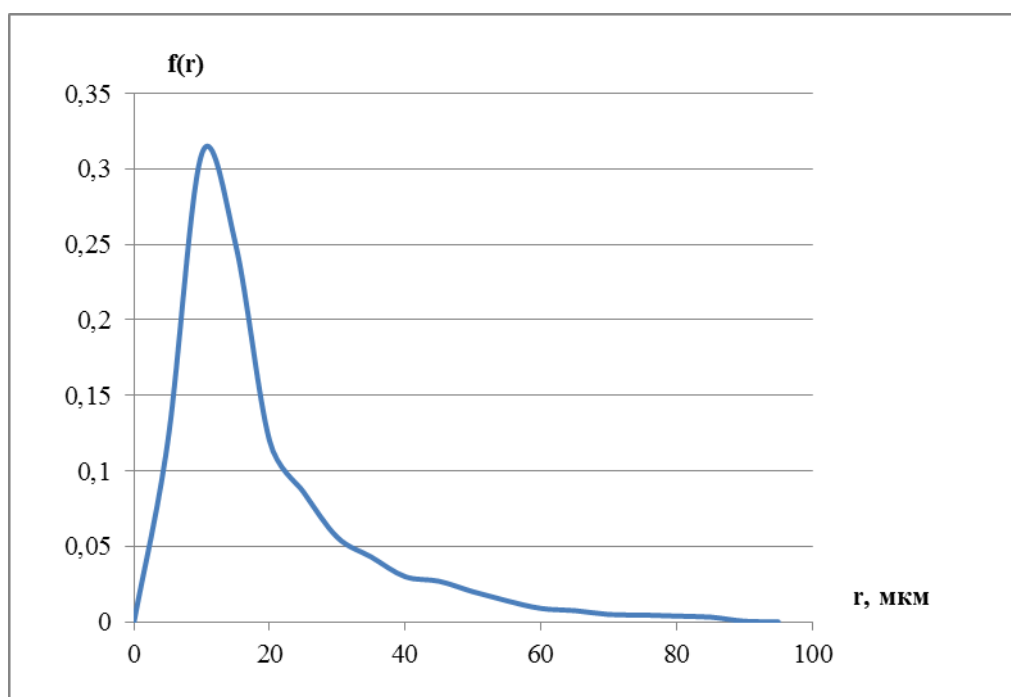


Рис. 1. Плотность распределения капель влаги по размерам распыленной форсункой высокого давления

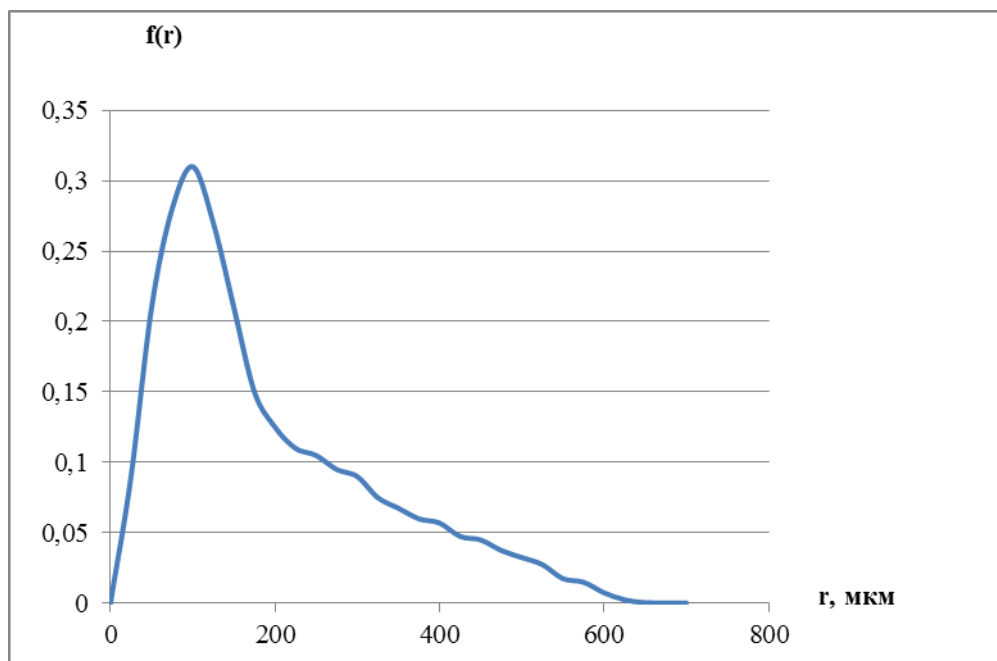


Рис. 2. Плотность распределения капель влаги по размерам распыленной центробежной форсункой с вкладышем

Аналитическое выражение для функции распределения системы капель предложено в работе [4]

$$f_0(r) = A \cdot r^2 \cdot \exp\{-\beta r\} \quad (1)$$

Поскольку решение модельных задач производится для частиц средних размеров, определение их величин, по данным авторов [4–6], проведен в данной работе.

Расчет среднего размера капли осуществляется согласно выражению

$$\bar{r} = \int_0^{\infty} r \cdot f_0(r) dr \quad (2)$$

Замена очевидной фиксированной величины верхнего предела в интеграле (2) – (максимально наблюдаемого размера капель в данной серии опытов) бесконечностью допустимо, исходя из вида приведенных выше экспериментальных кривых распределений, где за пределами этого размера частиц просто не существует.

Подстановка в (2) выражения для функции распределения (1) дает

$$\bar{r} = \int_0^{\infty} r \cdot f_0(r) dr = A \int_0^{\infty} r^{\alpha+1} \cdot e^{-\beta r} (r) dr \quad (3)$$

Проведенные вычисления согласно данным [4–6] с учетом интеграла нормировки функции распределения

$$A \int_0^{\infty} r^{\alpha} \cdot \exp\{-\beta r\} dr = 1 \quad (4)$$

приводят к результатам, приведенным в таблице.

Результаты вычислений

Форсунка	A	α	β	r, мкм
1	0,070	0,550	0,167	9,250
2	0,076	0,642	0,257	4,090
3	0,002	0,670	0,031	32,200

Таким образом, скорости испарения системы капель, распыленных форсунками различных типов могут существенно отличаться, что необходимо учитывать при проведении конкретных расчетов.

Список использованных источников

1. Фукс Н. А. Испарение и рост капель в газообразной среде. М. : Изд. АН СССР, 1958. 92 с.
2. Карташев Э. М. Аналитические методы в теплопроводности твердых тел. М. : Высшая школа, 1979. 415 с.
3. Бувевич Ю. А. О кинетике массообмена полидисперсной системы частиц с окружающей средой // ПМТФ. 1966. № 1. С. 50 – 57.
4. Архипов В. А., Бондарчук С. С., Жуков А. С., Змановский С. В., Трофимов В. Ф. Исследование дисперсности распыливаемых капель жидкости методом малоуглового рассеяния // Научный журнал (Томск). 2012. № 7. С. 15–18.
5. Москалев Л. Н., Москалев И. Н., Вилохин С. А., Халиков М. Р. Исследование распределения капель при истечении воды из центробежной форсунки с вкладышем // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 15. С. 205–206.
6. Клинов А. В., Ким С. К., Парамошин И. В., Рябоконь М. П., Поляков А. В., Малыгина М. А., Цой А. Н., Цой Л. А. Исследование характеристик распыла пневматической форсунки высокого давления ФГЖ-1 // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 20. С. 236–238.